

Japanese Patent Laid-open Publication No. SHO  
54(1979)-135407

Abstract

The pressure rotation packer 1 between the top pressure fixed packer 2 and the lower pressure fixed packer 3, and is attached to the surface protection wire gauze 36 of the pressure plate 5 of the pressure rotation packer 1 (see line 13 in lower right column of page 3 - line 14 in upper left column of page 4, line 16-19 in lower left column of page 4, and Figs. 4 and 5)

⑩日本国特許庁(JP)

⑪特許出願公開

⑫公開特許公報 (A)

昭54-135407

⑬Int. Cl.<sup>2</sup>  
E 02 D 1/00

識別記号 ⑭日本分類  
86(3) C 5

庁内整理番号 ⑮公開 昭和54年(1979)10月20日  
6705-2D

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 13 頁)

⑯試験孔内における地盤の加圧回転直接剪断試験方法

小金井市貫井北町5丁目22番地  
4号 明治コンサルタント株式  
会社小金井研究所内

⑰特 願 昭53-42533

⑰出 願 人 明治コンサルタント株式会社  
東京都港区西新橋3-24-1

⑱出 願 昭53(1978)4月11日

⑲発 明 者 勇野喜正裕

明 細 書

1. 発明の名称

試験孔内における地盤の加圧回転直接剪断  
試験方法

2. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の試験方法原理図、第2図・第3図は試験結果の解析説明図、第4図は本発明の主体である加圧・回転パツカー部を、第5図・第6図は試験装置の構成および操作例を示す。

3. 発明の範囲

気体圧・水圧または油圧などにより、半径方向に自由に膨縮または開閉するゴムチューブ式パツカー、ピストン式パツカーの内面面に装備した加圧板を試験孔内の孔壁地盤に特定圧力で圧着した後、加圧板に回転モーメント与えて円周方向に振り、加圧板と接する地盤内に円筒状

の剪断破壊を発生させ、この場合の回転変位に対する最大剪断強度、残留剪断強度を計測する。

同様の操作を放射的な半径方向加圧力の下でそれぞれ実施して、加圧力と剪断強度との関係を求め、これから自然条件下における地盤の内部摩擦角 $\phi$ 、粘着力 $c$ の値を解析決定する試験方法。

4. 発明の詳細なる説明

この発明は、土木工事の設計・施工上、或いは地亡り・斜面崩壊などの災害防止対策上必要な地盤の剪断特性即ち、内部摩擦角 $\phi$ 、粘着力 $c$ の値を試験孔内の自然条件下で直接的に求めるための試験方法に関するものである。

従来、土木工事、とりわけ建物・橋梁・ダムなどの基礎地盤、港施設・沈没トンネル・パイプラインその他の掘立地や海城における支持地盤、道路・鉄道・上下水道などの埋設管・盛土その他の軟弱土質地域における構造物支持地盤などの調査・設計・施工においては、これら

対象地盤のもつ力学的性質、特に剪断特性としての $\phi$ と $\sigma$ の値を把握することが最も重要な事項とされており、また、地中りや斜面崩壊についても、その安定性を検討する上では $\phi$ および $\sigma$ の値を知ることが必須条件である。しかし、現在のところ、ごく軟弱な粘性土について各種ベーン試験により、 $\sigma$ の値を求める方法はあるが、一般的土質や風化岩の自然条件下における原地盤で、 $\phi$ および $\sigma$ の値を精度よく測定する試験方法は確立されていない。そこでサンブラーなどによる採取試料の室内土質試験・岩石試験が行われている。これには一面剪断試験( $\phi$ 、 $\sigma$ 測定)、二面剪断試験( $\sigma$ 測定)、三軸圧縮試験( $\phi$ 、 $\sigma$ 測定)などがあるが、砂層・砂礫層・礫混り粘性土・風化岩などでは自然状態のままの不擾乱試料を採取することが困難であり、実際に十分な試験はできない。

また、標準貫入試験のN値との相関実験式やイスキマーによるブルサウンディング、ヘリカルサウンディングまたはコンベクトロメータ

ーなどの原位地盤サウンディング試験から、種々の変換式によつて $\phi$ や $\sigma$ の値が推定的に決められているが、これらは主として間接的な試験方法であり、ばらつきも多く、信頼性が乏しい欠点がある。

そのほか、試錐孔内に水圧加圧式パツカーを挿入して孔壁を圧密し、これを孔軸に沿い上方に引抜く場合の剪断抵抗即ち、剪断破壊強度の測定を加圧段階ごとに実施して加圧力と剪断破壊強度の関係から $\phi$ および $\sigma$ を測定する試験方法が開発されているが、この方法では引抜のためパツカー圧着位置が漸次上方に移動して同一地点の測定ができないこと、パツカー上部に起こる応力分布が成層状態により、またパツカーの圧着力の相異により複雑に変化し、測定値に大きいバラツキを生じること、孔壁の乱れや加圧による圧密と上部への押出し変形によつてパツカー上端部に異常の反力を発生すること、孔口地表面における引抜のための反力がとりにくく装置が大規模化することなどの難点がある。

また、大変位や地中りなどの解析上重要とされている剪断破壊後の残留剪断強度、およびその場合の $\phi$ 、 $\sigma$ の値が測定できないなどの欠点があり、十分な試験による信頼性の高い結果は期待し難い。

本発明は上述の各種試験方法における欠点・問題点を解決するために開発したものであり、その特徴とするところは

- i) 試料を採取しなくても、或いは採取できなくとも、自然状態の地盤に対し直接試験が可能である。
- ii) 各加圧段階ごとに同一地点で試験ができ、試験中加圧断面に変化がない。
- iii) 試験パツカーの上下に保持パツカーを附帯させることにより、孔壁の保持と、圧密変位や地盤内に発生する加圧応力の異状分布を防止し平均化が行えるので、信頼性の高い結果が期待できる。
- iv) 最大剪断強度と残留剪断強度の測定が可能であり、それぞれの $\phi$ および $\sigma$ の値が求めら

れる。

- v) 試験装置が簡略化され、操作が簡単となるほか、特に孔口地表面に反力設備を必要としない。
  - vi) 試験パツカー部の取替により、ごく軟弱な地盤から、亀裂の発達した風化岩などにも適用可能である。
- などが挙げられる。

以下に本発明の原理、試験装置構成および操作例、試験結果の解析について述べる。

#### (1) 本発明の原理

第1図は本発明の原理を模式的に示したものである。本図中①は加圧パツカーで②なる加圧板を装置面に附帯し、③は換り棒(ロッド)である。これを試錐孔内の所定試験位置に挿入し、水圧(または気体圧、油圧)などによりP<sub>0</sub>なる圧力で加圧パツカーを膨張させ、加圧板を孔壁に圧着した場合、孔壁地盤の圧着面付近に生じる半径方向応力は

$$\sigma_n = P_n + P_0 - P_{gn}$$

ここに

- $\sigma_n$  : 孔壁周辺の地盤内半径方向応力 (MPa)  
 $P_n$  : 加圧パツカーへの給圧 (MPa)  
 $P_0$  : 地下水位を考慮した静水圧 (MPa)  
 $P_{gn}$  : パツカーゴムの単位面積当り反力 (MPa)

である。いま、この加圧パツカーに、振り棒を介して  $M_n$  なる回転モーメントを与えたすると、加圧板に接する孔壁面の地盤内に剪断応力が発生し、その中心に対する合計モーメントは上記の回転モーメントとつり合う。すなわち、孔壁面の単位面積に生じる剪断応力は

$$\tau_n = C + \sigma_n \cdot \tan \phi$$

ここに

- $\tau_n$  : 孔壁面に沿う地盤内単位面積当りの剪断応力 (MPa)  
 $C$  : 孔壁面に沿う地盤内単位面積当りの粘着力 (MPa)  
 $\phi$  : 孔壁周辺地盤の内部摩擦角 (度)

であり、加圧板外周の膨張半径を  $r_n$ 、長さを  $l$  とすると

$$M_n = \int_0^{2\pi} \tau_n \cdot l \cdot r_n \cdot d\theta = 2\pi \cdot r_n \cdot l \cdot \tau_n$$

$$[n = 1, 2, \dots]$$

である。この式で  $M_n$  はトルク (外力 × 回転半径) から、 $r_n$  は加圧パツカーの加圧板外周半径の測定からそれぞれ知れる量であり、従つて  $\tau_n$  と  $\sigma_n$  との関係は試験結果から容易に求められる。この  $\tau_n$  と  $\sigma_n$  との関係式は  $\sigma_n$  を横軸に、 $\tau_n = M_n / 2\pi \cdot r_n \cdot l$  を縦軸とした場合の一つの直線式を導き出してあり、その直線の傾斜から  $\tan \phi$  が、また、 $\sigma_n = 0$  すなわち縦軸  $\tau_n$  と直線の交点から  $C$  の値がそれぞれ求められることになる〔第2図〕。

また、加圧パツカーの回転による加圧板の回転変位を  $\theta_n$  とすると、 $\theta_n$  をパラメータとした  $\tau_n$  と  $\theta_n$  との関係曲線 (実際の試験では各加圧段階で  $P_n$  を一定とするので  $\sigma_n$  は一定となる) において、 $\tau_n$  の最大値は最大剪断破壊強度  $\tau_{n \max}$  を、剪断破壊を起こした後の圧縮一定となつた部分の剪断強度は残留剪断強度  $\tau_{n \text{res}}$  を与える〔第3図〕。

以上のように本発明の原理は加圧状態にあ

$$= 2\pi \cdot r_n \cdot l \cdot (C + \sigma_n \cdot \tan \phi)$$

の關係が成立する。そこで、回転モーメントを与えるトルクを制御または応力制御によつて漸次増加させると、弾性限度以上の剪断歪力によつて孔壁面周辺の地盤は剪断破壊される。この場合、加圧パツカーの圧力を同一地盤内で試験位置をずらせながら段階的に増加させて加圧板を圧着し、回転モーメントを与えて剪断破壊を生ぜしめた場合の剪断破壊強度 (最大剪断歪力) をそれぞれ  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ 、回転モーメントを  $M_1, M_2, \dots, M_n$ 、その時の加圧板外周膨張半径を  $r_1, r_2, \dots, r_n$  とすると

$$M_1 = 2\pi r_1 \cdot l \cdot \tau_1 = 2\pi r_1 \cdot l \cdot (C + \sigma_1 \cdot \tan \phi)$$

$$M_2 = 2\pi r_2 \cdot l \cdot \tau_2 = 2\pi r_2 \cdot l \cdot (C + \sigma_2 \cdot \tan \phi)$$

⋮

$$M_n = 2\pi r_n \cdot l \cdot \tau_n = 2\pi r_n \cdot l \cdot (C + \sigma_n \cdot \tan \phi)$$

の關係式が得られる。すなわち

$$\tau_n = C + \sigma_n \cdot \tan \phi = \frac{M_n}{2\pi \cdot r_n \cdot l}$$

るパツカー加圧板を孔壁に圧着し、これに回転モーメントを与えて振ることにより、孔壁地盤の最大剪断破壊強度、残留剪断強度を測定して  $\phi$  および  $C$  の値を求めるものである。

## (2) 試験装置構成および操作例

第4図は本発明の主体である加圧回転パツカー部を示す。また、第5図および第6図は試験孔内にこの加圧回転パツカーをセットした場合の各部装設例を模式的に表わし、試験方法を説明したものである。

第4図の加圧回転パツカー部を構成する各部分の名称および作動状況は次の如くである。

①は加圧・回転パツカーであり、②なるゴムスリーブおよび③なる加圧板を外周に附帯する。加圧板③は6板に分割されており、その表面は④なる凹凸状の削溝を有している。

また、これらの加圧板が回転により横方向にずれることを防止するため、孔⑤に円棒⑦をピストン状に挿入する。円棒⑦は③なる堅

板を介しゴムスリーブ④を貫通して加圧板⑤に固定される。

なお、加圧・回転パツカー①は導水兼用の回転ロッド⑪、回転ジョイント⑫と一体となつて回転するようネジ止めされている。

②は上部加圧固定パツカーであり、①の導水兼用回転ロッドとはスラストベアリング⑬により分離され自由である。⑭はこのパツカーに附帯するゴムスリーブである。

⑤は下部加圧・固定パツカーで、①の導水兼用回転ロッド（下部延長ロッド）とはボールベアリング⑮により分離され自由である。

⑯はこのパツカーに附帯するゴムスリーブで、また、⑰はパツカー下端保護キャップである。

⑱は非回転の外管（ケーシングパイプ）で、下端において加圧・固定パツカー②にネジ止め固定される。

⑲は上下可動の内管（ロッド）で⑳なるロ

ッドカップリングにより上下可動桿㉑に接続される。

㉑の上下可動桿は、外管㉒に取付けた回転抑止板㉓と接するボールベアリング㉔を附帯しており、上下移動が低摩擦で自由であるが回転は抑止される。さらに、㉑の下部は回転ジョイント㉕の中に挿入され、㉕に剛着された斜溝㉖中に凸起させたボールベアリング㉗を附帯する。従つて、㉑の上下可動桿が上方に移動すると㉕なる回転ジョイントおよびこれに接脱固定された加圧・回転パツカー①は右方回転を起こすことになる。

㉘はナイロンチューブであり、地表ポンプから送られた圧力水（気体または油に変えることも可）を通し、㉙なる分岐管によつて、一方は㉚なる上部加圧・固定パツカーの溝㉛を通して㉜なるゴムスリーブを膨張させて孔壁に圧着固定させる。同時に他方は回転のために螺旋状の泡みをもたせたナイロンチュー

ブ㉝を通して導水兼用回転ロッド⑪内に導き、加圧・回転パツカー①に穿孔された導水孔⑯、ピストン孔⑰を通してゴムスリーブ④を膨張させ、加圧板⑤を孔壁に圧着させるとともに、導水兼用回転ロッド下端の閉塞ネジ⑱の中央導水ナイロンチューブ⑲を介して㉚なる下部加圧・固定パツカー内の溝㉛を通して㉜なるゴムスリーブを膨張させ孔壁に圧着固定させる。

㉚は加圧・回転パツカーの膨縮、従つて加圧板の外径を測定する変位トランスジューサー（例えば撓動抵抗型、差動トランス型など）である。このリード線（ケーブル）は㉞なる水中ソケットを介し地表へのケーブル㉟に接続される。

㉟は間隙水圧トランスジューサーであり、半導体圧力変換器、ポーラストーンを一体として取付金具㊱によりゴムスリーブを貫通して加圧板⑤に表面保護金網㊲と共に取付ける。

このリード線は、回転ロッド内に挿入されシリコン樹脂によつて防水的に固められた温度補償回路部㊳を経て、さらに水中ソケット㊴を介して地表へのケーブル㉟に接続される。

間隙水圧の測定は、パツカー加圧前においては静水圧を、加圧段階においては過剰間隙水圧の変化をみるものである。

第5図は、試錐孔内に加圧・回転パツカー部を挿入し、水圧送水ポンプ㊵によりナイロンチューブ㉘を通して分岐管㉙に圧力水を送り、加圧・回転パツカー①、加圧・固定パツカー②、③のゴムスリーブを膨張させ、加圧板、ゴムスリーブをそれぞれ孔壁地盤に圧着固定させ、この状態で、㉑の内管（ロッド）を上方に引揚げ、これによつて回転ジョイント㉕、導水兼用回転ロッド⑪とネジ止め一体となつた加圧・回転パツカーに回転モーメントを与えるための地表装置例を示したものである。

㊶は試錐の孔口付近に挿入されたドライブ

パイプ、⑬はロッド・ホルダーである。

⑭は、油圧式センターホールジャッキ、⑮はギヤード油圧ポンプを示す。なお、これらは荷重状態により、スクリージャッキなどに置き替えることもできる。

⑯は内管（ロッド）の止め金具で、センターホールジャッキ上に設置し、チャックネジ⑰により内管に固定する。

⑱は、センターホールジャッキの油圧測定トランスジューサーであり、半導体圧力変換器で圧力変化を電気信号としてとり出すものである。

⑲は内管にネジ止め固定された変位測定用アームであり、内管の上下移動量をダイヤルゲージ⑳に伝え、ダイヤルゲージに内蔵する変位トランスジューサー（差動トランスなど）によつて電気信号として外部に取出す。

㉑は外管上部に設置する架台であり、セン

ii) 外管上部に架台⑲をのせ、更にセンターホール・ジャッキ⑭を置き、内管を止め金具⑯で固定するとともに、ダイヤルゲージ㉒、油圧測定トランスジューサー⑱および油圧ポンプ⑮のホースを取付ける。

iii) 水圧送水ポンプにパツカー送水用ナイロンチューブを接続する。

iv) 増巾器⑬、記録器⑭を接続し、かつダイヤルゲージ㉒（内管の移動量従つて加圧・回転パツカーの回転変位測定用）、油圧測定用トランスジューサー⑱（内管引揚圧従つて加圧・回転パツカーの剪断力測定用）、加圧・回転パツカーの膨張変位トランスジューサー㉓（加圧板外径測定用）、間隙水圧トランスジューサー㉔（間隙水圧測定用）のケーブル端子をそれぞれ増巾器⑬に接続結線する。

v) 各部電気回路、ダイヤルゲージの校正を行い測定にかかる。

vi) 水圧送水ポンプ⑮を稼動して所定の水圧

ターホールジャッキ⑭を定位置する。

⑮の水圧送水ポンプは加圧・回転パツカー部に圧力水を送るものであり、送・排水目録付円筒㉕と、レシーバー㉖および水圧ゲージ㉗を附帯する。なお、このポンプは減圧装置付きガスボンベなどに替えることも可能である。

⑯は変位量、圧力を直読測定する増巾器であり、それぞれ校正回路を保有し、また㉘なる記録器（打点式など）に接続して値を自記させる。

以上の試験装置構成における操作は次のようである。

i) 加圧・回転パツカー部①、②、③を外管㉑に接続し、かつ外管を焼き足して試験孔内所定位に挿入後、ロッド・ホルダーで保持するとともに、内管⑯を焼き足して、ロッド・カップリング㉙にネジ込み固定する。

となるよう、加圧・回転パツカー①、加圧・固定パツカー②、③を膨張させ、加圧板により地盤を圧着する。この時の水圧ゲージ㉗の指針を視取り、同時に加圧板外径φ値と間隙水圧φ値の変化をある時間記録させる。なお、加圧・固定パツカー②、③の孔壁圧着は、加圧・回転パツカー①の周辺部における応力分布を一樣な状態に保つ。

vii) 次に油圧ポンプ⑮を稼動し、センターホールジャッキ⑭によつて内管を上方にほぼ1mm/minの速度を保持するようダイヤルゲージ㉒の動きで至制御を行いながら引揚げる。この時、加圧・回転パツカー①に附帯する加圧板は、地盤を圧着した状態で、斜滑⑬による右方への回転モーメントが加わるため回転変位を生じる。この変位がある限度を超えると、加圧板に接する近傍の地盤内に円筒状の剪断破壊領域が発生する。

このような剪断破壊に至るまで、およびその後の退荷の地盤反力、回転変位および

過剰間隙水圧の推移状態はセンターホール  
ジャッキに取付けられた油圧測定トランス  
ジューサー⑨の電気信号 $e_r$ 、ダイヤルゲ  
ージ⑩および間隙水圧トランスジューサー  
⑪のそれぞれの電気信号 $\phi$ 、 $e_u$ として  
扱われ、記録される。

Ⅷ) 以上の測定操作が終了した時点で、加圧  
・回転パツカー部を上位に移動させて固定  
し、再びパツカーの加圧力を次の段階の水  
圧に上昇させて同様の測定を実施する。

このパツカー加圧設備は地盤内の同一地  
層について3～5種の圧力で行う。なお、  
加圧力を零とした場合も同時に測定し、装  
置各部の自重、摩擦力による $\tau_0 \sim \delta_n$ の  
関係を求め上記測定値を補正する。

第6図は、比較的浅部の地層について地  
表試験装置を簡略化した場合の例を示した  
ものである。

即ち、この例では、加圧・回転パツカー

を直接内管を介して地盤把手棒により振る  
ものである。⑫は内管で、これに二本のア  
ーム⑬、⑭を備えた固定環⑮をチャック⑯  
によりネジ止め固定する。この上部にポー  
ルベアリング⑰により自由に回転する振り  
把手棒⑱を置き、把手棒と固定環のアーム  
⑬間に検力計(ブルーピングリング)を取  
付けることによつて、把手棒に加えられた  
人力による回転力を内管に伝えることがで  
きるようにしたものである。この場合は第  
5図の回転ジョイントは不要であり、ロッ  
ドカップリング⑲に取り換える。⑲は回転  
変位を測定するための固定環のアームであ  
り、架台⑲の支持棒⑲に取付けたダイヤル  
ゲージ⑲に接触させて内管の回転変位従つ  
て加圧・回転パツカー加圧板の回転変位を  
測定する。なお、検力計⑲および変位用ダ  
イヤルゲージ⑲はそれぞれトランスジュー  
サーにより変化量を電気信号として取出し、  
加圧板外装、間隙水圧の電気信号とともに

増巾して記録計に目記させることが可能で  
ある。

なお、この試験装置による場合も、その  
操作は先の例と同様、パツカーの加圧力を  
段階的に変え、その相対試験位置をずらせ  
て測定する。

#### (6) 試験結果の解析

前項(2)に記述した試験装置構成の試験操作  
による測定結果から、孔壁地盤の圧着による  
半値方向応力 $\sigma_n$ 、地盤内の最大剪断破壊強  
度 $\tau_{nmax}$ 、残留剪断強度 $\tau_{nres}$ と剪断破壊に  
至る過程およびその後の孔壁地盤変位 $\delta_n$ が  
求められ、また間隙水圧 $U$ の動態も同時に知  
ることができる。そこで、本発明の原理の項  
(1)において記述した解析方法、すなわち第2  
図 $\sigma_n \sim \tau_n$ の関係、第3図 $\sigma_n$ をパラメータ  
とした $\delta_n \sim \tau_n$ の関係から、最大剪断破壊  
強度 $\tau_{nmax}$ に対する地盤の内部摩擦角 $\phi$ 、粘  
着力 $c$ と、残留剪断強度 $\tau_{nres}$ に対する $\phi'$ 、  
 $c'$ がそれぞれ求められる。なお、この場合

の $\phi$ 、 $c$ および $\phi'$ 、 $c'$ は室内三軸圧縮試験  
の $[c, \phi]$ 試験によつて求められる値に対比  
されるものである。

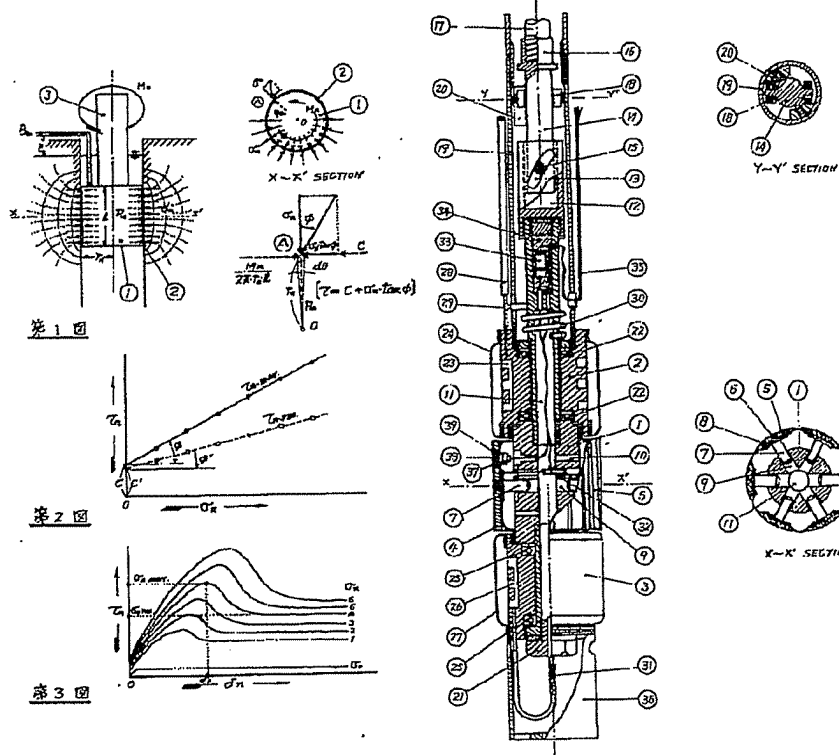
また、間隙水圧の動態は有効圧力を解析検  
討する場合の参考資料として役立つことが  
できる。

(以上)

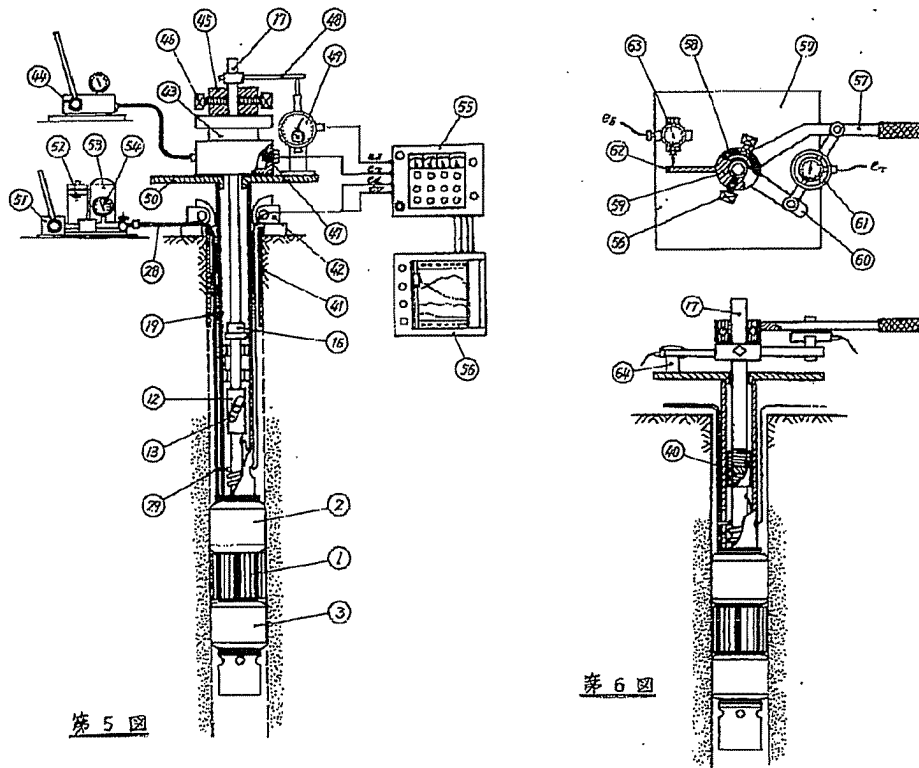
特許出願人

明治コンサルタント株式会社

社長 山口 敏 雄



第 4 図



第 6 図



手続補正書

明細書

昭和53年8月11日

特許庁長官殿

昭和53年12月18日に出

1. 事件の表示 昭和53年特許願第42533号

2. 発明の名称

試験孔内における地盤の加圧回転直接剪断試験方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 東京都港区西新橋3丁目24番地1号

氏名 明治コンサルタント株式会社

社長 山口 敏雄

4. 補正命令の日付 昭和53年7月25日

5. 補正の対象

① 願書の発明者の居所(番地)、氏名(肩書)の新

② 明細書の項目(発明の詳細な説明、図面の簡単な説明)の補

③ 明細書の項目順序

6. 補正の内容

① 補正(全文訂正)願書

別紙の通り

② 補正(全文訂正)明細書

別紙の通り

## B. 発明の詳細な説明

この発明は、土木工事の設計・施工上、或いは地盤・斜面崩壊などの災害防止対策上必要な地盤の剪断特性即ち、内部摩擦角 $\phi$ 、粘着力 $c$ の値を試験孔内の自然条件下で直接的に求めるための試験方法に関するものである。

従来、土木工事、とりわけ建物・橋梁・ダムなどの基礎地盤、港灣施設・沈埋トンネル・パイプラインその他の埋立地や海域における支持地盤、道路・鉄道・上下水道などの埋設管・盛土その他の軟弱土質地域における構造物支持地盤などの調査・設計・施工においては、これら対象地盤のもつ力学的性質、特に剪断特性としての $\phi$ と $c$ の値を把握することが最も重要な事項とされており、また、地盤りや斜面崩壊についても、その安定性を検討する上では $\phi$ および $c$ の値を知ることが必須条件である。しかし、現在のところ、ごく軟弱な粘性土について各種ベーン試験により、 $c$ の値を求める方法はあるが、一般的な土質や風化岩の自然条件下におけ

## 1. 発明の名称

試験孔内における地盤の加圧回転直接剪断試験方法

## 2. 特許請求の範囲

気体圧・水圧または油圧などにより、半径方向に自由に膨縮または開閉するゴムチューブ式バックカー、ピストン式バックカーの円周面に装備した加圧板を試験孔内の孔壁地盤に特定圧力で圧着した後、加圧板に回転モーメントを与えて円周方向に振り、加圧板と接する地盤内に円筒状の剪断破壊を発生させ、この場合の回転方位に対する最大剪断強度、残留剪断強度を計測する。

同様な操作を段階的な半径方向加圧力の下でそれぞれ実施して、加圧力と剪断強度との関係を求め、これから自然条件下における地盤の内部摩擦角 $\phi$ 、粘着力 $c$ の値を解析決定する試験方法。

る原地盤で、 $\phi$ および $c$ の値を精度よく測定する試験方法は確立されていない。そこでサンブラーなどによる採取試料の室内土質試験、岩石試験が行われている。これには一面剪断試験( $\phi$ 、 $c$ 測定)、二面剪断試験( $c$ 測定)、三軸圧縮試験( $\phi$ 、 $c$ 測定)などがあるが、砂層・砂礫層・礫混り粘性土・風化岩などでは自然状態のままの不擾乱試料を採取することが困難であり、實際上十分な試験はできない。

また、標準貫入試験のN値との相関実験式やイスキマーによるブルサウンディング、ヘリカルサウンディングまたはコーンペネトロメーターなどの原位硬サウンディング試験から、種々の実験式によって $\phi$ や $c$ の値が推定的に決められているが、これらは主として間接的な試験方法であり、ばらつきも多く、信頼性が乏しい欠点がある。

そのほか、試験孔内に水圧加圧式バックカーを挿入して孔壁を圧着し、これを孔軸に沿い上方に引抜く場合の剪断抵抗力即ち、剪断破壊強度

の測定を加圧段階ごとを実施して加圧力と剪断破壊強度の関係から $\phi$ および $c$ を測定する試験方法が開発されているが、この方法では引抜のためパッカー圧着位置が漸次上方に移動して同一地点の測定ができないこと、パッカー上部に冠せる応力分布が成層状態により、またパッカーの圧着力の相異により複雑に変化し、測定値に大きいバラツキを生じること、孔壁の乱れや加圧による圧密と上部への押し出し変形によってパッカー上部部に異常の反力を発生すること、孔口地表面における引抜のための反力がとりにくく装置が大型化することなどの難点がある。

また、火災位や地沈りなどの解析上重要とされている剪断破壊後の残留剪断強度、およびその場合の $\phi$ 、 $c$ の値が測定できないなどの欠点があり、充分な試験による信頼性の高い結果は期待し難い。

本発明は上述の各種試験方法における欠点・問題点を解決するために開発したものであり、その特徴とするところは

i) 試料を採取しなくても、或いは採取できなくとも、自然状態の地盤に対し直接試験が可能である。

ii) 各加圧段階ごとに同一地点で試験ができ、試験中加圧断面に変化がない。

iii) 試験パッカーの上下に保持パッカーを附着させることにより、孔壁の保持と、圧密変位や地盤内に発生する加圧応力の異状分布を防止し平均化が行えるので、信頼性の高い結果が期待できる。

iv) 最大剪断強度と残留剪断強度の測定が可能であり、それぞれの $\phi$ および $c$ の値が求められる。

v) 試験装置が簡略化され、操作が簡単となるほか、特に孔口地表面に反力設備を必要としない。

vi) 試験パッカー部の取替えにより、ごく軟弱な地盤から、亀裂の発達した風化岩などにも適用可能である。  
などが挙げられる。

以下に本発明の原理、試験装置構成および操作例、試験結果の解析について述べる。

#### (i) 本発明の原理

第1図は本発明の原理を模式的に示したものである。本図中①は加圧パッカーで②なる加圧板を表面に附着し、③は捩り棒(ロッド)である。これを試験孔内の所定試験位置に挿入し、水圧(または気体圧、油圧)などにより $P_n$ なる圧力で加圧パッカーを膨張させ、加圧板を孔壁に圧着した場合に、孔壁地盤の圧着面付近に生じる半径方向応力は

$$\sigma_n = P_n + P_o - P_{gn}$$

ここに

$\sigma_n$  : 孔壁周辺の地盤内半径方向応力 ( $kg/cm^2$ )

$P_n$  : 加圧パッカーへの給圧 ( $kg/cm^2$ )

$P_o$  : 地下水位を考慮した静水圧 ( $kg/cm^2$ )

$P_{gn}$  : パッカーゴムの単位面積当り反力 ( $kg/cm^2$ )

である。いま、この加圧パッカーに、捩り棒を介して $M_n$ なる回転モーメントを与えたと

すると、加圧板に接する孔壁面の地盤内に剪断歪力が発生し、その中心に対する合計モーメントは上記の回転モーメントとつり合う。すなわち、孔壁面の単位面積に生じる剪断歪力は

$$\tau_n = C + \sigma_n \cdot \tan \phi$$

ここに

$\tau_n$  : 孔壁面に沿う地盤内単位面積当りの剪断歪力 ( $kg/cm^2$ )

$C$  : 孔壁面に沿う地盤内単位面積当りの粘着力 ( $kg/cm^2$ )

$\phi$  : 孔壁周辺地盤の内部摩擦角(度)

であり、加圧板外周の膨張半径を $r_n$ 、長さをもとすると

$$M_n = \int_0^{2\pi} \tau_n \cdot L \cdot r_n \cdot d\theta = 2\pi \cdot r_n \cdot L \cdot \tau_n \\ = 2\pi \cdot r_n \cdot L \cdot (C + \sigma_n \cdot \tan \phi)$$

の関係が成立する。そこで、回転モーメントを与えるトルクを制御または応力制御によって漸次増加させると、弾性限度以上の剪断歪力によって孔壁面周辺の地盤は剪断破壊される。この場合、加圧パッカーの圧力を同一

地層内で試験位置をずらせながら段階的に増加させて加圧板を圧着し、回転モーメントを与えて剪断破壊を生ぜしめた場合の剪断破壊強度（最大剪断力）をそれぞれ  $r_1, r_2, \dots$ 、 $r_n$ 、回転モーメントを  $M_1, M_2, \dots, M_n$ 、その時の加圧板外周膨張半径を  $r_1, r_2, \dots, r_n$  とすると

$$M_1 = 2\pi r_1 \cdot \ell \cdot r_1 = 2\pi r_1 \cdot \ell \cdot (C + \sigma_1 \cdot \tan \phi)$$

$$M_2 = 2\pi r_2 \cdot \ell \cdot r_2 = 2\pi r_2 \cdot \ell \cdot (C + \sigma_2 \cdot \tan \phi)$$

$$\vdots$$

$$M_n = 2\pi r_n \cdot \ell \cdot r_n = 2\pi r_n \cdot \ell \cdot (C + \sigma_n \cdot \tan \phi)$$

の関係式が得られる。すなわち

$$r_n = C + \sigma_n \cdot \tan \phi = \frac{M_n}{2\pi \cdot r_n \cdot \ell}$$

[  $n = 1, 2, \dots$  ]

である。この式で  $M_n$  はトルク（外力  $\times$  回転半径）から、 $r_n$  は加圧パツカーの加圧板外周半径の測定からそれぞれ知れる量であり、従つて  $r_n$  と  $\sigma_n$  との関係は試験結果から容易に求められる。この  $r_n$  と  $\sigma_n$  との関係式は

$\sigma_n$  を横軸に、 $r_n = M_n / 2\pi \cdot r_n \cdot \ell$  を縦軸とした場合の一つの直線式を表わしており、その直線の傾斜から  $\tan \phi$  が、また、 $\sigma_n = 0$  すなわち縦軸  $r_n$  と直線の交点から  $C$  の値がそれぞれ求められることになる〔第2図〕。

また、加圧パツカーの回転による加圧板の回転変位を  $\theta_n$  とすると、 $\theta_n$  をパラメーターとした  $r_n$  と  $\sigma_n$  との関係曲線（実際の試験では各加圧段階で  $P_n$  を一定とするので  $\sigma_n$  は一定となる）において、 $r_n$  の最大値は最大剪断破壊強度  $r_{n \max}$  を、剪断破壊を起こした後のほぼ一定となつた部分の剪断強度は残留剪断強度  $r_{n \text{ res}}$  を与える〔第3図〕。

以上のように本発明の原理は加圧状態にあるパツカー加圧板を孔壁に圧着し、これに回転モーメントを与えて撓ることにより、孔壁地盤の最大剪断破壊強度、残留剪断強度を測定して  $\phi$  および  $C$  の値を求めるものである。

## (2) 試験装置構成および操作例

第4図は本発明の主体である加圧回転パツカー部を示す。また、第5図および第6図は試験孔内にこの加圧回転パツカーをセットした場合の各部装置例を模式的に表わし、試験方法を説明したものである。

第4図の加圧回転パツカー部を構成する各部分の名称および作動状況は次の如くである。

①は加圧・回転パツカーであり、④なるゴムスリーブおよび⑤なる加圧板を外周に附着する。加圧板⑤は6板に分割されており、その表面は⑥なる凹凸状の剛溝を有している。

また、これらの加圧板が回転により横方向にずれることを防止するため、孔⑦に円棒⑦をピストン状に挿入する。円棒⑦は⑧なる座板を介しゴムスリーブ④を貫通して加圧板⑤に固定される。

なお、加圧・回転パツカー①は導水兼用の回転ロッド①、回転ジョイント②と一体とな

つて回転するようネジ止めされている。

②は上部加圧固定パツカーであり、⑩の導水兼用回転ロッドとはスラストベアリング③により分離され自由である。②はこのパツカーに附着するゴムスリーブである。

③は下部加圧・固定パツカーで、⑩の導水兼用回転ロッド（下部延長ロッド）とはボールベアリング③により分離され自由である。③はこのパツカーに附着するゴムスリーブで、また、④はパツカー下端保護キャップである。

④は非回転の外管（ケーシングパイプ）で、下端において加圧・固定パツカー②にネジ止め固定される。

⑤は上下可動の内管（ロッド）で⑥なるロッドカップリングにより上下可動桿⑥に接続される。

⑥の上下可動桿は、外管④に取付けた回転

抑止板⑧と接するボールベアリング⑨を附帯しており、上下移動が低摩擦で自由であるが回転は抑止される。さらに、⑩の下部は回転ジョイント⑪の中に挿入され、⑫に開閉された斜溝⑬中に凸起させたボールベアリング⑭を附帯する。従って、⑭の上下可動桿が上方に移動すると⑮なる回転ジョイントおよびこれに接続固定された加圧・回転パツカー①は右方回転を起すことになる。

⑮はナイロンチューブであり、地表ポンプから送られた圧力水（気体または油に変えることも可）を通し、⑯なる分岐管によつて、一方は②なる上部加圧・固定パツカーの溝③を通して④なるゴムスリーブを膨張させて孔壁に圧着固定させる。同時に他方は回転のために螺旋状の弛みをもたせたナイロンチューブ⑥を通して導水兼用回転ロッド⑦内に導き、加圧・回転パツカー①に穿孔された導水孔⑧、ピストン孔⑨を通してゴムスリーブ④を膨張

させ、加圧板⑤を孔壁に圧着させるとともに、導水兼用回転ロッド下端の開閉ネジ⑩の中央導水ナイロンチューブ⑪を介して③なる下部加圧・固定パツカー内の溝③を通して⑦なるゴムスリーブを膨張させ孔壁に圧着固定させる。

⑮は加圧・回転パツカーの膨張、従つて加圧板の外径を測定する変位トランスジューサー（例えば横動抵抗型、差動トランス型など）である、このリード線（ケーブル）は⑮なる水中ソケットを介し地表へのケーブル⑬に接続される。

⑮は間隙水圧トランスジューサーであり、半導体圧力変換器、ポーラストーンを一体として取付金具⑮によりゴムスリーブを貫通して加圧板⑤に表面保護金網⑮と共に取付ける。

このリード線は、回転ロッド内に挿入されシリコン樹脂によつて防水的に固められた温度補償回路部⑮を経て、さらに水中ソケット

⑮を介して地表へのケーブル⑬に接続される。

間隙水圧の測定は、パツカー加圧前においては静水圧を、加圧段階においては過剰間隙水圧の変化をみるものである。

第5図は、試験孔内に加圧・回転パツカー部を挿入し、水圧送水ポンプ⑮によりナイロンチューブ⑮を通して分岐管⑮に圧力水を送り、加圧・回転パツカー①、加圧・固定パツカー②、③のゴムスリーブを膨張させ、加圧板、ゴムスリーブをそれぞれ孔壁地盤に圧着固定させ、この状態で、⑦の内管（ロッド）を上方に引揚げ、これによつて回転ジョイント⑪、導水兼用回転ロッド⑪とネジ止め一体となつた加圧・回転パツカーに回転モーメントを与えるための地表装置例を示したものである。

⑮は試験の孔口付近に挿入されたドライブパイプ、⑮はロッド・ホルダーである。

⑮は、油圧式センターホールジャッキ、⑮

はギヤ式油圧ポンプを示す。なお、これらは荷重状態により、スクリュージャッキなどに置き替えることもできる。

⑮は内管（ロッド）の止め金具で、センターホールジャッキ上に設置し、チャックネジ⑮により内管に固定する。

⑮は、センターホールジャッキの油圧測定トランスジューサーであり、半導体圧力変換器で圧力変化を電気信号としてとり出すものである。

⑮は内管にネジ止め固定された変位測定用アームであり、内管の上下移動量をダイヤルゲージ⑮に伝え、ダイヤルゲージに内蔵する変位トランスジューサー（差動トランスなど）によつて電気信号として外部に取出す。

⑮は外管上端に設置する架台であり、センターホールジャッキ⑮を定置する。



ものである。⑦は内管で、これに二本のアーム⑧、⑨を備えた固定環⑩をチャック⑪によりネジ止め固定する。この上部にボールベアリング⑫により自由に回転する振り把手桿⑬を備え、把手桿と固定環のアーム⑧間に検力計（ブルーピングリング）を取付けることによつて、把手桿に加えられた人力による回転力を内管に伝えることができるようにしたものである。この場合は第5図の回転ジョイントは不要であり、ロッドカップリング⑭に取り換える。⑭は回転変位を測定するための固定環のアームであり、架台⑮の支持桿⑯に取付けたダイヤルゲージ⑰に接触させて内管の回転変位従つて加圧・回転パッカー加圧板の回転変位を測定する。なお、検力計⑬および変位用ダイヤルゲージ⑰はそれぞれトランスジューサーにより変化量を電気信号として取出し、加圧板外径、間隙水圧の電気信号とともに増巾して記録計に自記させることが可能で

の $\mu$ 、 $c$ および $\mu'$ 、 $c'$ は室内三軸圧縮試験の〔CU〕試験によつて求められる値に對比されるものである。

また、間隙水圧の動態は有効圧力を解析検討する場合の参考資料として役立つことができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は、本発明の試験方法原理図、第2図・第3図は試験結果の解析説明図、第4図は本発明の主体である加圧・回転パッカー部を、第5図・第6図は試験装置の構成および操作例を示す。

（以上）

特許出願人

明治コンサルタント株式会社

ある。

なお、この試験装置による場合も、その操作は先の例と同様、パッカーの加圧力を段階的に変え、その都度試験位相をずらせて測定する。

#### (3) 試験結果の解析

前項(2)に記述した試験装置構成の試験操作による測定結果から、孔壁地盤の圧着による半径方向応力 $\sigma_r$ 、地盤内の最大剪断破壊強度 $\tau_{n\max}$ 、残留剪断強度 $\tau_{n\text{res}}$ と剪断破壊に至る過程およびその後の孔壁地盤変位 $\delta_n$ が求められ、また間隙水圧 $u$ の動態も同時に知ることができる。そこで、本発明の原理の項(1)において記述した解析方法、すなわち第2図 $\sigma_r \sim \tau_n$ の関係、第3図 $\sigma_r$ をパラメータとした $\delta_n \sim \tau_n$ の関係から、最大剪断破壊強度 $\tau_{n\max}$ に対する地盤の内部摩擦角 $\mu$ 、粘着力 $c$ と、残留剪断強度 $\tau_{n\text{res}}$ に対する $\mu'$ 、 $c'$ がそれぞれ求められる。なお、この場合